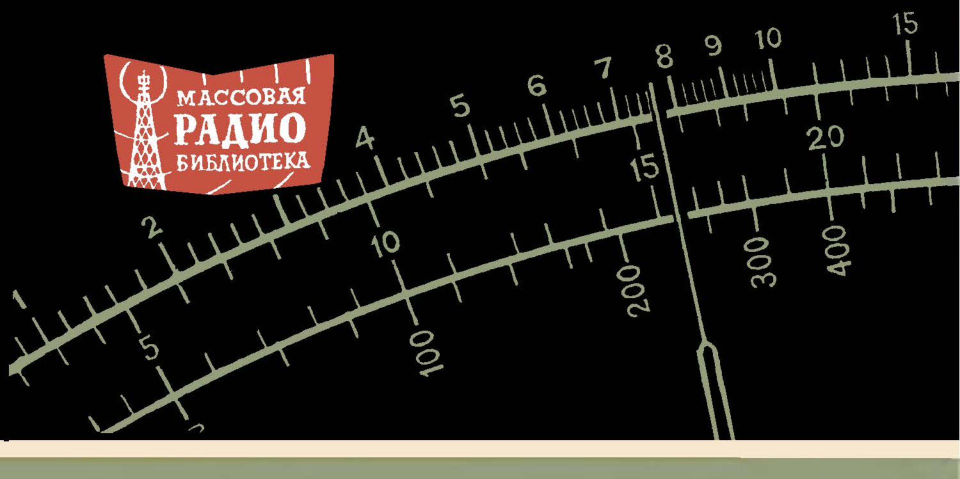


А. Г. СОБОЛЕВСКИЙ

Любительский измерительный прибор

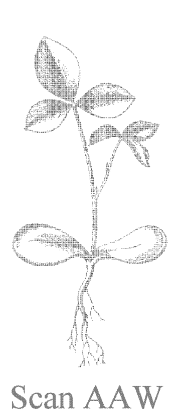


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 566

А. Г. СОБОЛЕВСКИЙ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР





ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.317.791
С54

Описана конструкция любительского универсального прибора для измерения постоянного тока, постоянного и переменного напряжений, сопротивлений, емкостей и индуктивностей.

СОДЕРЖАНИЕ

Соболевский Анатолий Георгиевич
Любительский измерительный прибор
М. — Л., издательство „Энергия", 1965, 24 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 566).
Сводный тематический план по радиоэлектронике на 1965 г., № 208

Редактор *Р. Е. Елисеев* Техн. редактор *В. Н. Малькова*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 18/XI 1964 . Подписано к печати 28/XII 1964 г.
Т-13487 Бумага $84 \times 108^{1}/_{32}$ Печ. л. 1,23 Уч.-изд. л. 1,63
Тираж 50 000 экз. Цена 7 коп. Зак. 1677

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Шлюзовая наб., 10.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБОРА

Конструирование и налаживание современной радиоаппаратуры невозможно без применения измерительных приборов. Поэтому в лаборатории каждого серьезного радиолюбителя есть хотя бы авометр. Однако авометр, при всей своей универсальности, далеко не всегда может служить прибором «на все руки». Большинство современных авометров обладает внутренним сопротивлением порядка 1—10 *ком/в*. Такое сравнительно малое входное сопротивление ограничивает возможности авометров при измерении напряжений в высокоомных цепях. Частотный предел при измерении переменных напряжений у авометров редко бывает выше нескольких десятков килогерц. Необходимость же измерения высокочастотных напряжений при налаживании радиоаппаратуры встречается очень часто.

Нередко радиолюбителю приходится измерять электрическое сопротивление в пределах от долей ома до десятков мегом. Омметры, входящие в состав авометров, обычно позволяют измерять сопротивления только до нескольких сотен тысяч ом, а для более высокоомных измерений требуются источники повышенного напряжения, что неудобно на практике.

Наконец, заветная мечта многих радиолюбителей заключается в возможности измерения емкостей и индуктивностей, однако приборы для таких измерений редки в радиолюбительских лабораториях.

В большинстве случаев радиолюбитель, купивший или самостоятельно изготовивший авометр и на первых порах вполне им удовлетворенный, вскоре начинает оснащать свою лабораторию ламповым вольтметром для измерения высокочастотных напряжений и постоянных напряжений в высокоомных цепях, мегомметром, измерителем емкостей и т. п. Но изготовление таких приборов — дело дорогое, трудное и кропотливое. Значительно выгоднее, хотя и несколько сложнее, сконструировать универсальный измерительный прибор, который давал бы возможность измерять все перечисленные величины.

Ниже описывается радиолюбительский измерительный прибор, при конструировании которого автор стремился к возможно большей его универсальности. В основу электронной части этого прибора положена схема хорошо зарекомендовавшего себя лампового вольтметра ВК-7 (А4-М2). Это очень надежный и простой в обращении электронный прибор, который к тому же обладает хорошими электрическими характеристиками.

Прибором ВК-7 можно измерять только напряжения, сопротивления, индуктивности и емкости с обязательным питанием от сети переменного тока. Чтобы сделать этот прибор действительно универсальным, в схему нужно добавить измеритель тока (миллиамперметр), а также тестер — вольтметр переменного и постоянного тока, не требующий для своей работы питания от сети переменного тока. Последнее удобно при необходимости произвести какое-либо прикидочное измерение, при длительном использовании прибора в качестве индикатора, при работе в полевых условиях, когда отсутствует сеть переменного тока и т. п.

Описываемый прибор позволяет измерять:

напряжения постоянного тока по схеме лампового вольтметра до 1 000 *в* на семи поддиапазонах: 1, 3, 10, 30, 100, 300 и 1 000 *в*. Входное сопротивление 11 *Мом* на всех поддиапазонах. Погрешность не более ±5% от верхнего предела измерений на каждом поддиапазоне;

напряжение постоянного тока по схеме тестера — до 300 *в* на четырех поддиапазонах: 3, 10, 30 и 300 *в*. Входное сопротивление 10 *ком/в*. Погрешность не более ±5% от верхнего предела измерений на каждом поддиапазоне;

напряжения переменного тока синусоидальной формы по схеме лампового вольтметра до 1 000 *в* на семи поддиапазонах: 1, 3, 10, 30, 150, 300 и 1 000 $в_{действ}$. Входное сопротивление на поддиапазонах 1, 3, 10, 30, 150 *в* при измерении напряжений частотой 50 *гц* при помощи выносного высокочастотного пробника не ниже 4 *Мом*, входная емкость не более 10 *пф*. Входное сопротивление на поддиапазонах 300 и 1 000 *в* при подключении прибора щупами не менее 9 *Мом*, входная емкость 200 *пф*. Погрешность не более ±5% от верхнего предела измерения на каждом поддиапазоне; при измерении переменных напряжений повышенной частоты (60—100 *Мгц*) — до ±12%;

напряжения переменного тока по схеме тестера — до 300 *в* на четырех поддиапазонах: 3, 10, 30 и 300 $в_{действ}$; частота переменного напряжения до 20 *кгц*;

силу постоянного тока по схеме тестера до 1 *а* на восьми поддиапазонах: 100 *мка*, 1, 3, 10, 100, 300 *ма* и 1 *а*. Погрешность не более ±2% от верхнего предела измерения на каждом поддиапазоне;

сопротивления постоянному току от 1 *ом* до 100 *Мом* на семи поддиапазонах: 1—100 *ом*, 10—1 000 *ом*, 100 *ом* — 10 *ком*, 1—100 *ком*, 10 *ком* — 1 *Мом*, 100 *ком* — 10 *Мом*, 1—100 *Мом*. Погрешность не более ±10% от измеряемой величины сопротивления;

емкости от 100 *пф* до 100 *мкф* на шести поддиапазонах: 100—1 000 *пф*, 1 000 *пф* — 0,01 *мкф*, 0,01—0,1 *мкф*, 0,1—1 *мкф*, 1—10 *мкф*, 10—100 *мкф*. Погрешность не более ±15% от измеряемой величины емкости;

индуктивности от 100 *мгн* до 10^5 *гн* на шести поддиапазонах: 0,1—1; 1—10, 10—100, 100—1 000, 1 000—10 000, 10 000—100 000 *гн* Погрешность не более ±15% от величины измеряемой индуктивности. При питании измерительного моста электронной схемы повышенной частотой от звукового генератора возможно измерение индуктивностей менее 100 *мгн*,

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Принципиальная электрическая схема прибора состоит из мостовой измерительной схемы, используемой для измерения постоянных напряжений, схемы диодного вольтметра, включаемой при измерении переменных напряжений, схемы для измерения сопротивлений, емкостей и индуктивностей, схемы тестера для измерения тока, а также постоянных и переменных напряжений и, наконец, схемы блока питания.

Мостовая схема служит основной измерительной частью принципиальной схемы. Она используется как при измерении постоянных, так и переменных напряжений, а также при измерении сопротивлений, емкостей и индуктивностей. Плечами мостовой схемы служат внутренние сопротивления триодов лампы $Л_1$ и сопротивле-

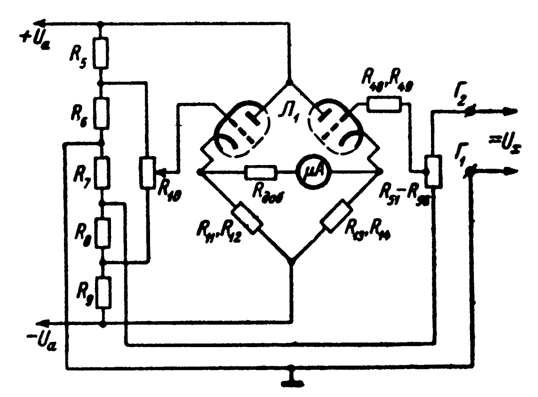


Рис. 1. Мостовая измерительная схема.

ния R_{11}, R_{12} и R_{13}, R_{14} в цепи катодов этих триодов (рис. 1). В диагональ моста через дополнительные сопротивления включен микроамперметр μA. При измерении постоянных напряжений включаются дополнительные сопротивления R_{26}—R_{30} (см. общую схему на рис. 4), а при измерении переменных напряжений последовательно с сопротивлениями R_{26}—R_{30} включаются еще сопротивления R_{17}—R_{23}.

Мостовая измерительная схема балансируется переменным сопротивлением R_{10} «Установка нуля», ручка которого выведена на переднюю панель. При балансе потенциалы обоих катодов двойного триода одинаковы, поэтому ток через диагональ моста и индикатор не проходит.

При поступлении на сетку правого (по схеме) триода положительного измеряемого напряжения ток этого триода возрастает, что приводит к увеличению потенциала катода правого триода. Следовательно, между правым и левым катодами двойного триода создается разность потенциалов, и через диагональ моста течет ток, вызывающий соответствующее отклонение стрелки индикатора.

Во время измерения постоянного напряжения на малых поддиапазонах на нулевое положение стрелки индикатора оказывает

влияние начальный сеточный ток лампы 6Н1П Для компенсации этого тока с сопротивления R_7 снимается небольшое (порядка 0,15 *в*) отрицательное напряжение, которое через входной делитель и сопротивления R_{48} и R_{49} подается на управляющую сетку правого триода. Входной делитель при измерении постоянных напряжений до 100 *в* по существу представляет собой только нагрузку измеряемой цепи. В эту нагрузку входит сопротивление R_{50}, вмонтированное в щуп, сопротивления R_{51} — R_{56}, а также сопротивления R_{60} и R_7. Таким образом, на диапазонах 1, 3, 10, 30 и 100 *в* почти все измеряемое напряжение подается на управляющую сетку правого триода лампы 6Н1П (точнее 10/11 измеряемого напряжения, так как сопротивления R_{50} и R_{51} — R_{56} образуют делитель). Поддиапазон измерения устанавливают переключением дополнительных сопротивлений в диагонали мостовой схемы. На диапазонах 300 и 1 000 *в* происходит деление измеряемого напряжения во входном делителе, и на управляющую сетку правого триода поступает лишь 1/11 входного напряжения Поэтому дополнительные сопротивления в диагонали измерительной схемы имеют те же величины, что и при измерении на поддиапазонах 30 и 100 *в*.

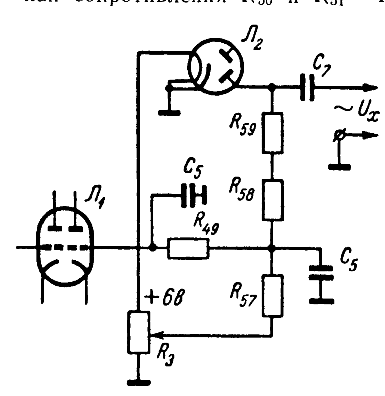


Рис. 2. Схема диодного детектора.

Для измерения переменных напряжений к мостовой схеме подключают диодный детектор (рис. 2). Во время положительного полупериода измеряемого напряжения диод отперт, сопротивление его мало и конденсатор C_7 заряжается до амплитудного значения этого напряжения. Во время отрицательного полупериода диод заперт, поэтому конденсатор разряжается через сопротивления R_{57} — R_{59}. Постоянная времени этой цепи очень велика, и напряжение на конденсаторе C_7 практически не успевает заметно уменьшиться; таким образом, этот конденсатор все время заряжен до амплитудного значения измеряемого напряжения.

Сопротивления R_{57} — R_{59} образуют делитель, с которого продетектированное измеряемое напряжение через сглаживающий фильтр, состоящий из сопротивления R_{49} и конденсатора C_5, поступает на мостовую схему.

С помощью диодного детектора можно измерять напряжения до 150 *в*. Для измерения более высоких напряжений (до 1 000 *в*) их подают на вход детектора через делитель (сопротивления R_{51} — R_{53}, R_{60} и R_7), для чего вход детектора подключают к специальному гнезду, соединенному с входным делителем (см. рис. 4), а измеряемое напряжение при помощи щупа (но без сопротивления R_{50}) подают на входное гнездо прибора.

Для устранения влияния начального тока диода на нулевое положение стрелки индикатора на делитель R_{57}—R_{59} подано небольшое положительное напряжение с потенциометра R_3.

Схема омметра приведена на рис. 3. Омметр питается от селенового выпрямителя, собранного по мостовой схеме. В качестве фильтра для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения применены электролитические конденсаторы C_2, C_3 и проволочное сопротивление R_4. От этого же выпрямителя питается подогреватель лампы диодного детектора. Сопротивление R_4 сделано переменным для подбора необходимого (6 *в*) напряжения накала.

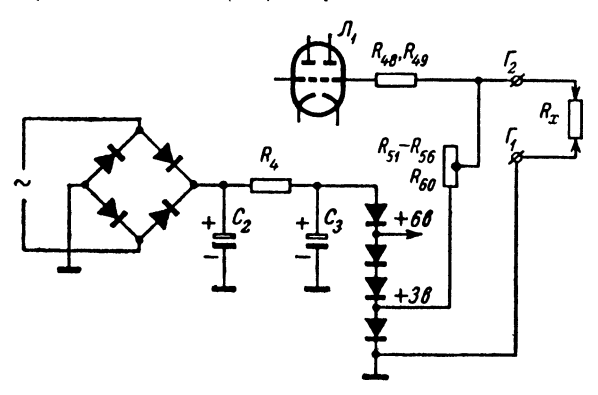


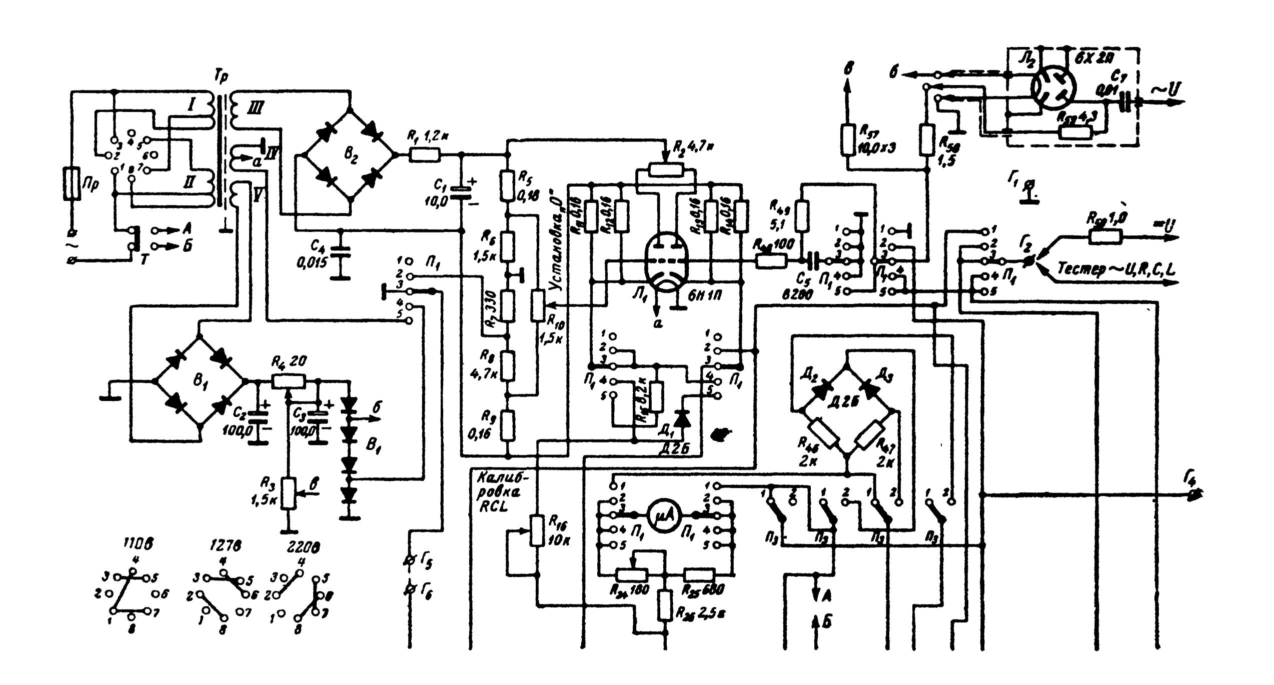
Рис. 3. Схема измерения сопротивлений.

На выходе выпрямителя включен селеновый столбик, работающий стабилизатором и делителем напряжения.

Измеряемое сопротивление R_x при помощи щупов включают последовательно с калиброванными сопротивлениями, в качестве которых применен входной делитель R_{51} — R_{56} и сопротивление R_{60}. Измеряемое сопротивление и калиброванные сопротивления образуют делитель напряжения питания омметра, при этом чем больше сопротивление R_x, тем больше на нем падение напряжения и, следовательно, тем большее напряжение поступает на сетку правого триода измерительной мостовой схемы. Поэтому когда сопротивление R_x бесконечно велико (щупы разомкнуты), стрелка индикатора в диагонали мостовой схемы отклоняется на всю шкалу. При равенстве измеряемого и калиброванного сопротивлений напряжение питания делится между ними поровну и стрелка индикатора находится в середине шкалы. Наконец, при $R_x=0$ (щупы замкнуты) падение напряжения на измеряемом сопротивлении отсутствует, и стрелка индикаторов находится на нуле. Таким образом, зная напряжение питания ($U_п=3$ *в*) и задаваясь величиной калиброванного сопротивления $R_к$ (например, 10 *ом*, 100 *ом*, 1 *ком* и т. д.), можно рассчитать шкалу омметра по формуле

$$U_x = U_п \frac{R_x}{R_к + R_x}.$$

Переключая калиброванные сопротивления, т. е. сопротивления R_{51} — R_{56}, можно изменять поддиапазоны измерения сопротивления R_x.


Тестер ~U,R,C,L
Установка „0"
Калибровка RCL
6Н1П
6Х2П
Тр
Пр
110В
127В
220В

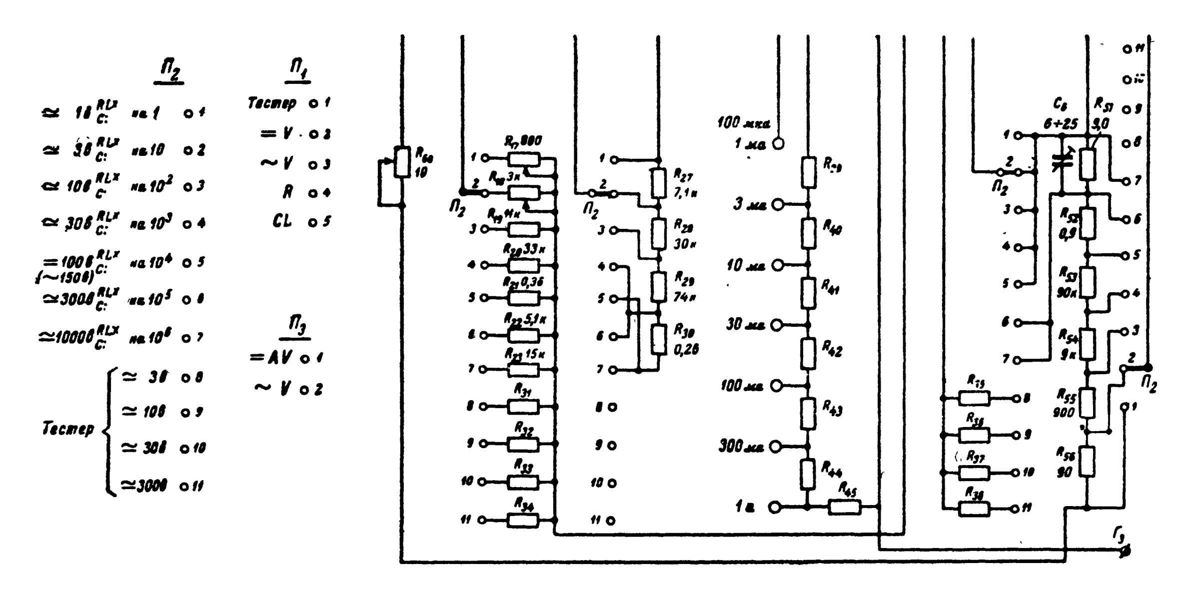


Рис. 4. Принципиальная схема универсального измерительного прибора.

При измерении индуктивности и емкости по существу происходит измерение их полного сопротивления переменному току, при при этом схема измерения остается такой же, как и при измерении сопротивлений. Измеряемая емкость или индуктивность включается последовательно с калиброванным сопротивлением делителя R_{51} — R_{56}, и на эту цепь от специальной обмотки трансформатора питания подается переменное напряжение. Чем больше падение напряжения на полном сопротивлении емкости или индуктивности, т. е. чем меньше емкость или больше индуктивность, тем большее напряжение поступит на сетку триода измерительной мостовой схемы и, следовательно, тем больше отклонится стрелка индикатора. Заметим, что напряжение, поступающее на мостовую схему, предварительно выпрямляется германиевым диодом $Д_1$.

Схема тестера. Для измерения напряжения последовательно с микроамперметром включают добавочные спротивления, а при измерении силы постоянного тока используется универсальный шунт R_{39} — R_{44}. При измерении переменного напряжения микроамперметр включают в диагональ выпрямительного моста, образованного германиевыми диодами $Д_2$, $Д_3$ и сопротивлениями R_{46}, R_{47}.

Полная принципиальная схема прибора приведена на рис. 4. Род измерения (тестер, измерение постоянного или переменного напряжения, сопротивления, емкости или индуктивности) выбирают переключателем $П_1$ на пять положений. Род измерения тестером выбирают дополнительным переключателем $П_3$ (при установке переключателя $П_1$ в положение «Тестер»), который имеет два положения: измерение постоянного напряжения и силы тока, измерение переменного напряжения.

Пределы измерений всех видов, включая измерение тестером (кроме измерения силы тока), устанавливают переключателем $П_2$ на одиннадцать положений.

Помимо упомянутых трех основных органов управления, на переднюю панель выведены ручки установки нуля мостовой измерительной схемы и установки «∞» схемы омметра (ручка «Калибровка *RLC*»), а также тумблер включения питания, который одновременно служит выключателем схемы миллиамперметра.

При всех измерениях с ламповой схемой пользуются входными гнездами $Г_1$ и $Г_2$. При измерении высокочастотного переменного напряжения применяют выносной диодный детектор, который включают в разъем на передней панели. Кстати, диодный детектор должен быть включен и при измерении сопротивлений, так как накал его лампы питается от выпрямителя схемы омметра, и если диодный детектор не будет включен, то нарушится регулировка схемы. Если измеряют низкочастотное переменное напряжение, то выносной диодный детектор можно подключить не к измеряемой цепи, а к гнезду $Г_4$, подавая измеряемое напряжение при помощи щупов на гнезда $Г_1$ и $Г_2$. Также поступают и при измерении высоковольтных (более 150 *в*) переменных напряжений любой частоты.

Когда измеряют постоянное или переменное напряжение тестером, то пользуются гнездами $Г_2$ и $Г_3$. На гнездо $Г_2$, как и при измерении ламповой схемой, подают «+», а на гнездо $Г_3$ — «—». При измерении же силы тока щуп вынимают из гнезда $Г_2$ и в зависимости от нужного поддиапазона измерения вставляют в одно из гнезд универсального шунта. Если щуп вставить в верхнее (по схеме) гнездо универсального шунта (рис. 4), то возможно измерение

в поддиапазонах 100 *мка* и 1 *ма*. Нужный поддиапазон устанавливают тумблером включения питания: когда тумблер находится в положении, при котором включено питание ламповой схемы, шунт отключен от микроамперметра и максимальное отклонение стрелки прибора соответствует 100 *мка*; когда же тумблер находится в положении, при котором питание ламповой схемы выключено, шунт подключен к микроамепрметру, и полное отклонение стрелки прибора соответствует 1 *ма*. Этим же тумблером при измерении силы тока можно пользоваться как выключателем стрелочного индикатора без разрыва измеряемой цепи (кроме поддиапазонов 1 *ма* и 100 *мка*).

На переднюю панель выведены гнезда $Г_5$ и $Г_6$ питания измерительного моста, замкнутые перемычкой. Их назначение будет рассмотрено ниже.

Прибор питается от выпрямителя B_2, собранного по мостовой схеме на восьми германиевых диодах Д7Ж, включенных последовательно по два диода в каждом плече и шунтированных сопротивлениями 100 *ком* для равномерного распределения обратного напряжения между диодами. В качестве фильтра применено сопротивление R_1 и электролитический конденсатор C_1.

Выпрямитель B_1 схемы омметра также работает по мостовой схеме на четырех селеновых шайбах АВС-40-59Ж. На выходе выпрямителя включен столбик из селеновых шайб того же типа, который служит делителем и стабилизатором.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Конструкция прибора во многом определяется габаритами деталей, имеющихся в распоряжении радиолюбителя. Поэтому при сборке прибора нет необходимости скрупулезно придерживаться

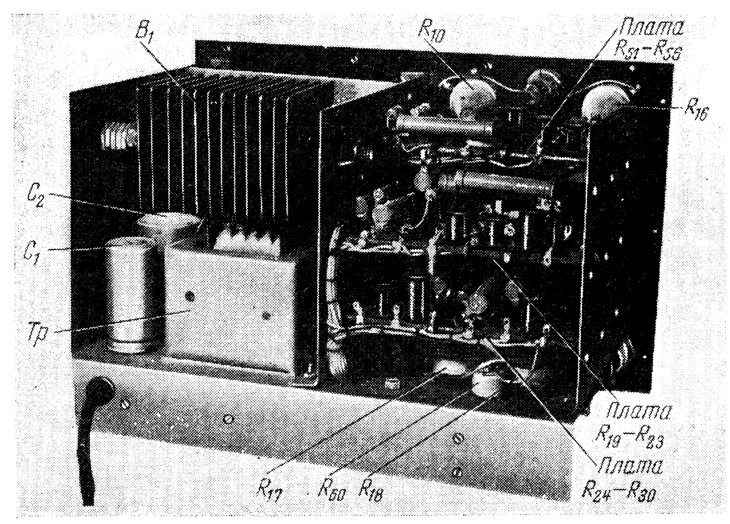


Рис. 5. Расположение деталей на верхней части шасси.

описываемой конструкции. Однако желательно сохранить определенные принципы, положенные в основу настоящей конструкции, а именно:

нагревающиеся детали (трансформатор питания, селеновый выпрямитель питания схемы омметра и проволочное сопротивление R_4) надо поместить в отдельный отсек с хорошей вентиляцией; желательно в этом же отсеке разместить и лампу $Л_1$, если это не

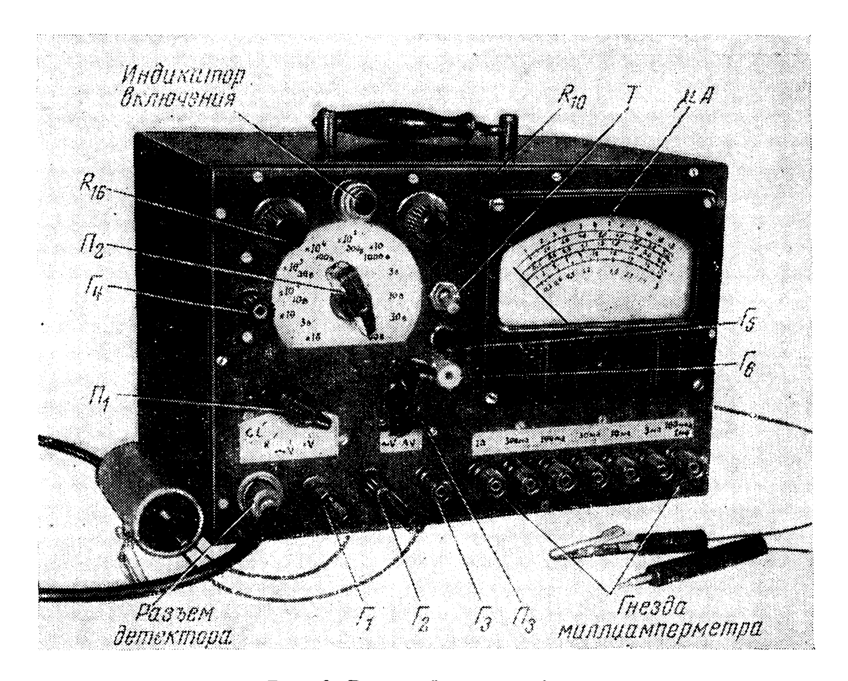


Рис. 6. Внешний вид прибора.

вызовет заметного удлинения соединительных проводов. Если же это сделать невозможно, то надо обеспечить хорошую вентиляцию той части шасси прибора, в которой расположена эта лампа;

стрелочный индикатор желательно поместить также в отдельный отсек, стенки которого защищали бы прибор от электромагнитных полей трансформатора питания;

переключатели $П_1$, $П_2$ и $П_3$ следует располагать как можно ближе друг к другу и панелям с добавочными сопротивлениями схемы тестера, сопротивлениями входного делителя и дополнительными сопротивлениями мостовой схемы, чтобы по возможности сократить длину соединительных проводов;

все сопротивления входного делителя, дополнительные сопротивления, включаемые в диагональ мостовой схемы, и добавочные сопротивления схемы тестера надо располагать на отдельных мон-

тажных планках, укрепленных в легко доступных местах шасси; это обеспечит жесткий монтаж и намного облегчит подбор сопротивлений в процессе налаживания и проверки прибора.

Описываемый прибор смонтирован на шасси (рис. 5), изготовленном из листовой стали толщиной 1 *мм*. Передняя панель (рис. 6) изготовлена из текстолита толщиной 4 *мм* и приклепана к шасси. Средняя перегородка делит верхнюю часть шасси на два отделения. В левом отделении (если смотреть со стороны задней стенки) расположены трансформатор питания, конденсаторы C_1, C_2 и C_3

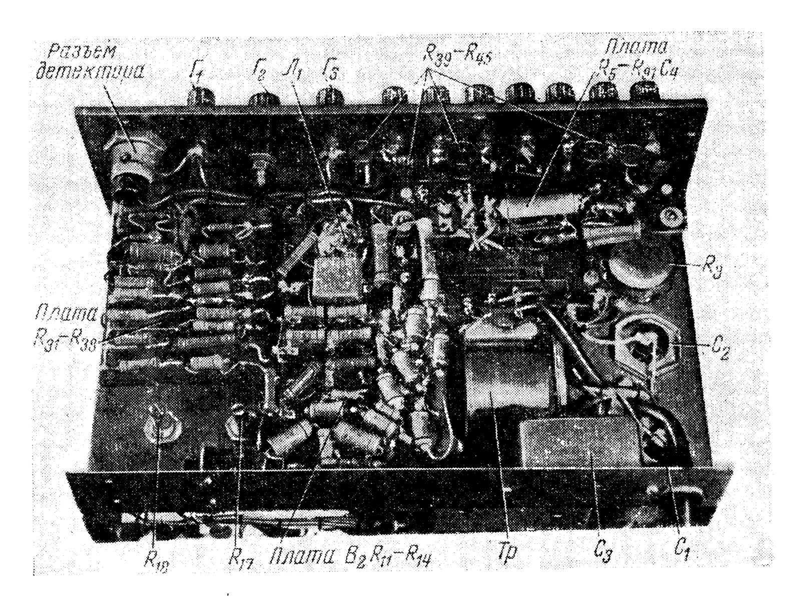


Рис. 7. Монтаж в нижней части шасси.

фильтров выпрямителей, селеновый столбик питания схемы омметра, а также гасящее сопротивление R_4. Часть этого отделения, обращенная к передней панели, отделена металлической перегородкой, за которой на передней панели укреплен стрелочный индикатор М-24 (полное отклонение стрелки при 100 *мка*).

Правое отделение шасси занято переключателями $П_1$, $П_2$ и $П_3$ и платами с сопротивлениями входного делителя напряжения и дополнительными сопротивлениями мостовой схемы. Здесь же расположена лампа $Л_1$.

В нижней части шасси (рис. 7) смонтированы остальные детали схемы, а также платы с дополнительными сопротивлениями схемы тестера. Сопротивления универсального шунта укреплены на гнездах передней панели прибора.

Конструктивный чертеж шасси с указанием основных размеров показан на рис. 8. Вначале надо вырезать и согнуть основную

П-образную панель (деталь *1*). Затем ее склепывают с передней текстолитовой панелью *4* и приклепывают угольники *6*. Далее изготовляют и соединяют заклепками детали *2* и *3* (предварительно прикрепив к детали *3* угольники *6*) и только после этого приклепывают их к П-образной панели. В последнюю очередь приклепывают косынки *5*. Следует заметить, что все отверстия как в шасси, так и в передней панели надо сверлить и обрабатывать заранее, за исключением сопрягающихся отверстий (например, под заклепки).

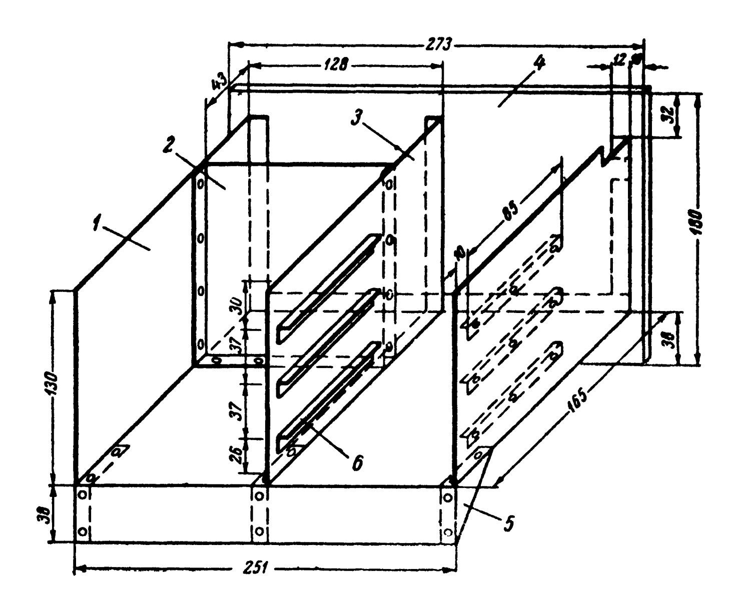


Рис. 8. Конструктивный чертеж шасси.

Когда шасси собрано, на нем укрепляют панели с сопротивлениями, к которым будут подходить соединительные провода от переключателей $П_1$, $П_2$ и $П_3$. Это необходимо для того, чтобы ориентировочно определить длины этих проводов.

Блок переключателей $П_1$, $П_2$ и $П_3$ собирают на вспомогательной панели — небольшом куске текстолита или металла с отверстиями для крепления осей переключателей; расположение этих отверстий должно в точности соответствовать разметке отверстий на передней панели прибора. Переключатели как обычно укрепляют на этой вспомогательной панели в рабочем положении, т. е. так, как они будут стоять в приборе, и монтируют соединительные провода заранее отмеренной длины (с запасом). Затем связывают эти провода в жгуты. Таких жгутов будет несколько: один от переключателя $П_1$ пойдет в нижнюю часть шасси к входным гнездам, контактам ламповой панели и делителю напряжения в цепи питания (со-

противления $R_5 - R_9$); два жгута от переключателя $П_2$, один из которых пойдет к платам сопротивлений входного делителя и дополнительным сопротивлениям мостовой схемы, а другой — к добавочным сопротивлениям схемы тестера, расположенным в нижней части шасси; наконец, еще один жгут пойдет от переключателя $П_3$ в нижнюю часть шасси. Следует заметить, что многие провода будут переходить от одного переключателя к другому, не входя в упомянутые выводные жгуты. Их надо тщательно смонтировать и привязать к жгутам или деталям переключателей.

Когда монтаж блока переключателей закончен, надо внимательно проверить правильность монтажа, не пропуская ни одного соединения, так как в приборе добраться паяльником до переключателей будет очень трудно. Затем вспомогательную панель снимают и блок переключателя вставляют в прибор, закрепляя оси переключателей на передней панели, предварительно пропустив жгуты в специалные отверстия в нижней части шасси. Перед этим на передней панели должны быть укреплены все детали (кроме микроамперметра), причем к тем деталям, подход к которым заслонит блок переключателей, должны быть подпаяны провода (гнезда $Г_5$ и $Г_6$, тумблер питания и т. п.).

Когда блок переключателей установлен, на шасси окончательно укрепляют монтажные платы сопротивлений и провода жгутов переключателей заводят на соответствующие контакты. Далее крепят остальные детали схемы и соединяют их проводами. Соединительные провода надо делать минимальной длины, обязательно привязывая их к деталям, шасси или жгутам других проводов. Нужно стремиться, чтобы ни один провод не болтался, а все мелкие детали (сопротивления, полупроводниковые диоды, конденсаторы) были надежно укреплены на монтажных платах.

Как уже указывалось, все мелкие детали — сопротивления, конденсаторы, полупроводниковые диоды — крепятся на монтажных планках. В качестве таких планок можно применить готовые, а еще лучше сделать их самостоятельно. Для этого из изоляционного материала, например текстолита или гетинакса, вырезают планку нужных размеров и к ней приклепывают кусочками медной проволоки толщиной 1—1,5 *мм* соответствующее количество контактов (рис. 9). Заметим, что материал планки не должен бояться нагрева, иначе при пайке крепление контактов нарушится. Именно поэтому в качестве материала для монтажных планок нельзя применять органическое стекло.

Монтажные планки сопротивлений входного делителя и дополнительных сопротивлений мостовой схемы прикрепляют на угольниках между стенками в верхней части шасси. Монтажные планки с добавочными сопротивлениями схемы тестера, сопротивлениями и диодами схемы выпрямителя крепятся на втулках в нижней части шасси.

Высокочастотный детектор смонтирован в корпусе электролитического конденсатора. Разбирать конденсатор надо осторожно, чтобы не повредить бортик корпуса, который удерживает крышку. Лампа $Л_2$ детектора, конденсатор C_7 и сопротивление R_{59} монтируются на крышке при помощи отрезков толстого медного провода и резинового кольца, надеваемого на баллон лампы. Затем на крышку надевают корпус и его бортик завальцовывают. Детектор соединяют со схемой прибора трехпроводным экранированным

кабелем длиной 400—500 *мм*, при этом экран кабеля надо надежно соединить с корпусом детектора. Разъем, соединяющий кабель со схемой прибора, должен обеспечивать хороший контакт экранирующей оплетки с шасси прибора.

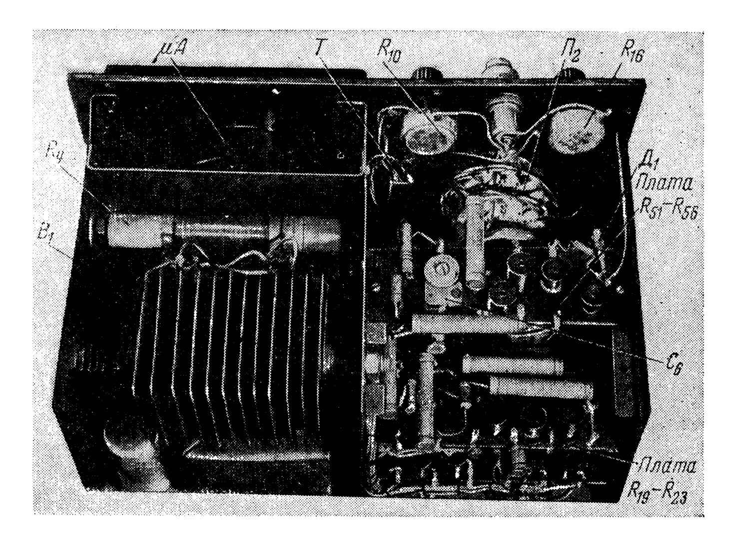


Рис. 9. Крепление деталей.

Кожух прибора изготовлен из листовой стали толщиной 0,8 *мм*. Собирают кожух в следующей последовательности. Вырезают развертку, загибают бортики и склепывают образовавшийся короб. Заднюю стенку, в которой предварительно просверлены отверстия вентиляции, вставляют изнутри и прикрепляют к коробу заклепками или болтами с тайками. Затем вставляют в кожух шасси с передней панелью и по разметке на передней панели сверлят в бортике кожуха отверстия под винты крепления. После этого шасси вынимают из кожуха, нарезают резьбу в просверленных отверстиях бортика, окрашивают кожух и укрепляют на нем ручку для переноски прибора.

Детали. Следует с большой тщательностью выбирать сопротивления входного делителя, дополнительные сопротивления мостовой схемы и сопротивления тестера. Лучше всего эти сопротивления намотать манганиновым проводом. Это обеспечит их большую стабильность в процессе эксплуатации. Однако высокоомные сопротивления изготовить таким путем невозможно, поэтому их нужно подобрать из двух последовательно соединенных сопротивлений УЛИ на мощность 1 *вт*. Если радиолюбитель не сможет достать такие сопротивления, то вполне возможно применить сопротивления ВС или МЛТ.

Трансформатор питания собран на железе Ш-26 (толщина набора 50 *мм*). Трансформатор имеет следующие обмотки:

сетевая обмотка I и II состоит из двух половин и содержит по

770+120 витков провода ПЭЛ 0,29 в каждой половине (для напряжений 110 и 127 *в*). При питании прибора от сети напряжением 110 или 127 *в* обе половины обмотки соединяют параллельно; при питании от сети напряжением 220 *в* 770 витков одной половины обмотки соединяют последовательно с 770 витками другой половины (обе половины обмотки должны быть намотаны в одну сторону);

повышающая обмотка III содержит 3 080 витков провода ПЭВ-1 0,07, напряжение на выходе обмотки 430 *в*;

обмотка IV питания накала лампы $Л_1$ (а также индикаторной лампы включения прибора) и питания схемы измерителя емкости и индуктивности содержит 75 витков провода ПЭВ-1 0,57 с отводом от 45-го витка; напряжение на выходе обмотки 6,1+4,6 *в*;

обмотка V питания выпрямителя схемы омметра содержит 170 витков провода ПЭВ-1 0,41, напряжение на выходе обмотки 25 *в*.

Сетевая обмотка экранирована от остальных обмоток заземленным незамкнутым витком медной фольги. При намотке трансформатора следует принять меры, чтобы в катушке не было замкнутых витков. Для этого каждый слой провода изолируют кабельной бумагой. Кроме того, надо следить, чтобы крайние витки не проваливались в нижележащие слои намотки.

НАЛАЖИВАНИЕ

Сложность налаживания измерительного прибора заключается в необходимости очень точного подбора сопротивлений входного делителя, дополнительных сопротивлений мостовой схемы и добавочных сопротивлений тестера. Как правило, сделать это заранее не удается, так как в распоряжении радиолюбителя редко бывают точные приборы для измерения сопротивлений. В то же время точные приборы для измерения постоянного напряжения — не редкость в лаборатории радиолюбителя. В крайнем случае, их можно достать на время. Поэтому лучше всего подбирать сопротивления «по месту», т. е. непосредственно в приборе. Однако для этого надо придерживаться определенной методики, описанной ниже.

Если схема прибора собрана правильно, то он начнет работать сразу, т. е. мостовую схему при помощи сопротивления R_{10} можно будет сбалансировать. Если этого сделать не удается, то нужно проверить сопротивления R_{11} — R_{14} в катодных цепях двойного триода лампы $Л_1$, а также сопротивления делителя напряжения питания R_5 — R_9. Наконец, баланс мостовой схемы может отсутствовать, если триоды лампы имеют неодинаковый ток. В этом случае надо соответствующим образом подобрать сопротивление R_2, а также сопротивления R_6, R_7 или R_8 делителя напряжения питания. При большой разнице в токах триодов надо заменить лампу $Л_1$. Баланс мостовой схемы надо проверять при установке переключателя $П_1$ в положение «Напряжение =», а вместо входного делителя включить сопротивление 10 *Мом* и установить переключатель $П_2$ в начальное положение (измерение в диапазоне 1 *в*).

Когда мостовая схема налажена, приступают к подбору сопротивлений входного делителя. Переключатель $П_1$ при этом должен быть установлен в положение «Измерение *R*», и впаяны сопротивления R_{24} — R_{20} указанной величины. Затем нужно отрегулировать

мостовую схему. Для этого включают сопротивление R_{60}. Стрелка прибора отклонится, при этом регулировкой сопротивления R_{16} надо установить стрелку на последнее деление шкалы. Далее, замкнув входные зажимы накоротко, стрелку прибора устанавливают на нуль шкалы путем регулировки сопротивления R_{10}. Размыкают входные гнезда и вновь регулируют сопротивление R_{16} и так далее, пока стрелка не будет точно устанавливаться на нуль и на последнее деление шкалы.

Принцип подбора сопротивлений входного делителя заключается в следующем. Если включить прибор для измерения сопротивления, то при установке переключателя $П_2$ на «×1» в делителе будет включено только сопротивление R_{60}, а весь остальной делитель окажется выключен и не будет влиять на показания прибора. Поэтому если иметь калиброванное сопротивление в 10 *ом*, то, подключив его к входным гнездам прибора, надо так подобрать сопротивление R_{60}, чтобы стрелка прибора установилась точно на середину шкалы. Затем переключатель $П_2$ переводят в положение «×10» и, присоединив к входным зажимам калиброванное сопротивление в 100 *ом*, подбором сопротивления R_{56} добиваются установки стрелки прибора также на середину шкалы и т. д. до подбора сопротивления R_{51}.

Таким образом, для подбора сопротивлений входного делителя необходимо иметь набор калиброванных сопротивлений в 10, 100 и 1 000 *ом*, 10 и 100 *ком* и, наконец, 1 и 10 *Мом*. Лучше всего использовать в качестве калиброванных сопротивлений магазин сопротивлений с точностью порядка 0,5—1%. В крайнем случае можно воспользоваться набором сопротивлений УЛИ, изготовленных с точностью ±1%. Сопротивления же входного делителя можно составлять из двух и даже трех сопротивлений. Заметим, что в процессе подбора сопротивлений делителя надо проверять регулировку мостовой схемы (регулировать сопротивления R_{10} и R_{16}).

Когда все сопротивления входного делителя подобраны, можно переходить к подбору дополнительных сопротивлений мостовой схемы, включаемых при измерении постоянных напряжений. Начинают этот подбор с диапазона «1 *в*» (переключатель $П_2$ в положении «1», а переключатель $П_1$ в положении «=V»). Затем при замкнутых входных щупах прибора устанавливают стрелку на нуль шкалы (регулировкой сопротивления R_{10}) и подают на вход прибора, через щуп с сопротивлением R_{50}, напряжение точно 1 *в*, которое контролируют вольтметром, имеющим наименьшую погрешность. Подбирая сопротивление R_2, устанавливают стрелку прибора на последнее деление шкалы, соответствующее 1 *в*. Далее, подавая на вход прибора последовательно 3, 10, 30 и 100 *в*, подбирают сопротивления R_{27}—R_{30}. Как и прежде, в процессе подбора сопротивлений надо проверять установку нуля шкалы, особенно при переходе на новый поддиапазон измерений.

Поддиапазоны 300 и 1 000 *в*, как это видно из принципиальной схемы, не имеют отдельных дополнительных сопротивлений. Эти поддиапазоны образуются переключением входного делителя, а дополнительными сопротивлениями мостовой схемы служат те же сопротивления (R_{29} и R_{30}), что и в поддиапазонах 30 и 100 *в*. Поэтому если сопротивления входного делителя подобраны правильно, то поддиапазоны 300 и 1 000 *в* получаются без всякой дополнительной регулировки.

Далее переходят к подбору дополнительных сопротивлений мостовой схемы, включаемых при измерении переменных напряжений. Вначале регулируют мостовую схему при установке переключателя $П_1$ в положение «$=V$», а переключателя $П_2$ в положение «1 *в*», добиваясь регулировкой сопротивления R_{10} нулевых показаний прибора при замкнутых входных гнездах. После этого переключатель $П_2$ переводят в положение «$\sim V$». Стрелка прибора при этом уйдет с нуля шкалы. Регулировкой сопротивления R_3 стрелку прибора возвращают в нулевое положение. Напомним, что вход высокочастотного детектора при этом должен быть замкнут.

Когда мостовая схема отрегулирована, приступают к подбору дополнительных сопротивлений. Каждый поддиапазон имеет свое дополнительное сопротивление (сопротивления R_{17} — R_{23}). Подбор начинают с поддиапазона «1 *в*». Непосредственно на вход высокочастотного детектора подают контрольное напряжение 1 *в* и регулировкой сопротивления R_{17} устанавливают стрелку прибора на последнее деление шкалы. Если этого сделать не удается, даже замкнув сопротивление R_{17} накоротко, то надо подобрать сопротивления делителя R_{57}, R_{58} и R_{59}. Этот делитель должен быть подобран таким образом, чтобы стрелка прибора устанавливалась на последнее деление шкалы при величине сопротивления R_{17} порядка 400—600 *ом*. Тогда регулировка остальных поддиапазонов измерения переменного напряжения сведется только к подбору сопротивлений R_{18} — R_{23}.

Следует иметь в виду, что пятый поддиапазон при измерении переменных напряжений соответствует 150 *в*, а не 100 *в*, как при измерении постоянных напряжений. На последних двух поддиапазонах 300 и 1 000 *в* вход высокочастотного детектора должен быть присоединен к гнезду $Г_4$, а калиброванное напряжение подают на вход прибора через щупы (к гнездам $Г_1$ и $Г_2$).

Когда все дополнительные сопротивления подобраны, надо проверить, как влияет частота входного напряжения на показания вольтметра переменного тока, если это напряжение подается на входные гнезда прибора (высокочастотный детектор присоединен к гнезду $Г_4$).

Для такой проверки необходим звуковой генератор. В зависимости от величины выходного напряжения этого генератора проверку производят на поддиапазоне 10 или 30 *в*. Вначале на звуковом генераторе устанавливают частоту около 50 *гц* и подают напряжение с этой частотой на гнезда $Г_1$ и $Г_2$. При этом не должно наблюдаться дрожание стрелки прибора; если дрожание имеется, то его устраняют незначительным изменением частоты звукового генератора. Замечают показания прибора и вольтметра, которым контролируют напряжение звукового генератора. Это напряжение нужно выбрать таким, чтобы стрелка прибора отклонялась почти на всю шкалу. Затем изменяют частоту звукового генератора сначала до частоты 400, а затем до 3 000 *гц*. По контрольному вольтметру устанавливают прежнее значение выходного напряжения звукового генератора и сравнивают новые показания прибора с показаниями на частоте 50 *гц*. Если эти показания не совпадают, то регулировкой конденсатора C_6 добиваются на частотах 400 и 3 000 *гц* таких же показаний, как и на частоте 50 *гц*.

После этого переходят к регулировке прибора при измерении емкости и индуктивности. Так как при этих измерениях использует-

ся уже подобранный входной делитель, то регулировка сводится только к подбору сопротивления R_{15}, если стрелку прибора не удается установить на крайние деления шкалы (регулировкой сопротивлений R_{10} и R_{16}).

В заключение подбирают добавочные сопротивления в схеме тестера и сопротивления универсального шунта. Добавочные сопротивления вольтметра постоянного и переменного тока подбирают так же, как в электронной схеме: на вход тестера подается контролируемое напряжение нужной вличины, и подбором добавочных сопротивлений устанавливают стрелку прибора на соответствующее деление шкалы.

Сопротивления универсального шунта должны быть предварительно подобраны при помощи хорошего омметра, а еще лучше — моста для измерения сопротивлений. Окончательно же подгоняют сопротивления этого шунта непосредственно в схеме прибора описанным выше методом, начиная с поддиапазона 1 *а*.

РАБОТА С ПРИБОРОМ

Правила подготовки прибора к измерениям (установка «нуля», необходимые манипуляции с переключателями и т. п.) будут освоены еще в процессе конструирования и налаживания прибора, поэтому нет надобности подробно на этом останавливаться. Следует только заметить, что нельзя путать щупы, предназначенные для измерения постоянного напряжения, со щупами для измерения сопротивления, емкости, индуктивности и переменного напряжения, ибо в щупе, предназначенном для измерения постоянного напряжения, вмонтировано сопротивление R_{50}.

Остановимся на некоторых особенностях применения электронной части прибора при различных измерениях.

Измерение постоянного напряжения неизвестной величины следует начинать с наибольшего поддиапазона, чтобы избежать резких бросков стрелки, хотя «нуль» шкалы следует устанавливать на поддиапазоне 1 *в*. Минусовый щуп, соединенный с корпусом прибора, желательно подключать к шасси исследуемого аппарата. Если же надо измерить напряжение между точками, имеющими большой потенциал относительно корпуса аппарата, то минусовый щуп желательно соединить с низкопотенциальной точкой измеряемой схемы. При этом следует помнить, что корпус прибора будет находиться под соответствующим потенциалом относительно шасси аппарата.

Измерение переменного напряжения. Для этого надо сбалансировать мостовую схему, замкнув накоротко вход высокочастотного детектора или входные гнезда $Г_1$ и $Г_2$, если измерение производится с помощью щупов (высокочастотный детектор вставлен в гнездо $Г_4$). Щупами пользуются только при низкочастотных измерениях; напряжения с частотой более 3—5 *кгц* надо измерять при помощи высокочастотного детектора. Заметим, что измерять высокочастотное переменное напряжение можно в тех схемах, в которых один из полюсов заземлен. При этом корпус высокочастотного детектора соединяют с корпусом исследуемого аппарата, а щуп детектора — с точкой схемы, потенциал которой надо измерить.

Подсоединять высокочастотный детектор к исследуемой схеме надо без соединительных проводов, непосредственно его зажимами, иначе возможна значительная погрешность измерения в результате

высокочастотных и низкочастотных наводок. Чтобы полностью устранить влияние таких наводок при измерении на поддиапазонах 1 и 3 *в* (на этих поддиапазонах влияние наводок на результаты измерений наиболее значительно), надо сначала обесточить исследуемую схему, например, отсоединив провод, подводящий напряжение к этой цепи, затем присоединить к цепи высокочастотный детектор и установить стрелку на нуль шкалы прибора. После этого подать на исследуемую цепь напряжение и произвести отсчет.

Следует также отметить, что при колебаниях напряжения сети, от которой питается прибор, на поддиапазонах 1 и 3 *в* возможен «уход нуля» в процессе измерения. В таких случаях надо произвести измерения несколько раз, проверяя при этом установку нуля.

Наконец, при измерении переменных напряжений следует иметь в виду, что показания прибора зависят от формы измеряемого напряжения. Если прибор градуировался при синусоидальной форме переменного напряжения (на действующее значение напряжения, равное 0,707 от пикового), то при искажении формы измеряемого напряжения погрешность прибора увеличивается на значение коэффициента этих искажений. Например, при 10%-ном коэффициенте искажений дополнительная погрешность измерений может достигнуть ±10%.

Измерение сопротивлений. Настройка прибора на «нуль» и «∞» шкалы уже расматривалась. Измеряемое сопротивление подключают при помощи щупов.

Как уже упоминалось, в состав калиброванного сопротивления 10 *ом* входит сопротивление селенового выпрямителя и стабилизатора. Если прибор долгое время (несколько месяцев) не работал, то селеновые шайбы расформировываются, и их внутреннее сопротивление изменяется, что влияет на точность измерения малых (до 50 *ом*) сопротивлений. В этом случае для устранения погрешностей следует восстановить нормальное сопротивление селеновых шайб, включив прибор в сеть на 4—6 *ч*.

В обычных условиях прибором можно измерять сопротивления до 100 *Мом*. Однако с помощью описываемого прибора можно измерять и значительно бóльшие сопротивления (до 500 *Мом*), используя его как мегомметр для измерения сопротивления изоляции. Для этого необходим источник постоянного напряжения 100—500 *в*. Вначале прибором, включенным как обычно для измерения постоянного напряжения, измеряют это напряжение $U_{ист}$. Затем между положительным полюсом этого источника и прибором включают измеряемое напряжение R_x и измеряют напряжение U_R. Измеряемое сопротивление

$$R_x = \frac{U_{ист} - U_R}{U_R} 11 \ [Мом].$$

Заметим, что на полученный результат влияет сопротивление изоляции между гнездами $Г_1$ и $Г_2$, которое шунтирует измеряемое сопротивление.

Измерение постоянного и переменного токов. Измерение постоянного тока по схеме тестера не имеет каких-либо особенностей,

за исключением поддиапазонов 100 *мка* и 1 *ма*, о чем уже упоминалось. При измерениях же постоянных и переменных токов при помощи электронной части прибора силу тока оценивают по падению напряжения на известном сопротивлении, включенном в разрыв цепи, ток в которой хотят измерить. Сопротивление должно быть такой величины, чтобы падение напряжения составляло не менее 0,1 *в*, при этом точность измерения увеличивается, если величина падения напряжения приближается к номиналу шкалы прибора. Силу измеряемого тока определяют по формуле $I=U/R$.

Для измерения емкостей прибор вначале включают как для измерения постоянных напряжений и на поддиапазоне 1 *в* устанавливают стрелку на нуль шкалы. Затем переключатель рода измерений переводят в положение «Измерение *CL*», а переключатель поддиапазонов измерения — в положение одного из поддиапазонов измерения больших емкостей (не менее 0,01—0,1 *мкф*), и регулировкой сопротивления R_{13} «Калибровка *RLC*» устанавливают стрелку прибора на крайнее правое деление шкалы, соответствующее нулевой емкости.

Емкость более 1 000 *пф* подключают к прибору при помощи щупов. Емкость менее 1 000 *пф* надо подключать непосредственно к входным гнездам $Г_1$ и $Г_2$ или при помощи коротких толстых проводников. Такие емкости измеряют на шестом поддиапазоне. При переключении прибора на этот поддиапазон стрелка прибора отклонится от положения нулевой емкости на некоторую величину, равную собственной емкости прибора (порядка 80—100 *пф*). Величину этой собственной емкости прибора следует запомнить и при измерении малых емкостей вычитать ее из показаний прибора.

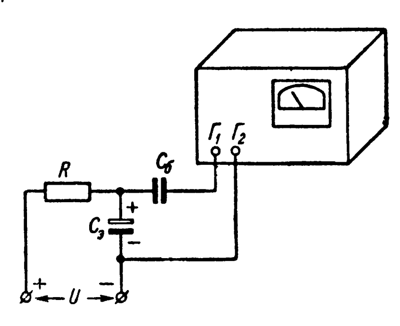


Рис. 10. Схема измерения емкости электролитических конденсаторов.

Следует иметь в виду, что при значительных искажениях формы напряжения сети, от которой питается прибор, погрешность измерения емкостей возрастает. Поэтому для питания прибора при измерении емкостей нельзя пользоваться феррорезонансным или другим стабилизатором напряжения, искажающим форму напряжения. В случае значительных колебаний напряжения сети можно питать измерительную мостовую схему от звукового генератора с выходным напряжением 9 *в* и частотой 50 или 500 *гц*, подавая это напряжение к гнездам $Г_1$ и $Г_6$ (перемычку между гнездами $Г_5$ и $Г_6$ надо снять). При частоте генератора 500 *гц* показания прибора следует уменьшить в 10 раз.

Емкость электролитических конденсаторов измеряют по схеме, приведенной на рис. 10. Напряжение *U* должно соответствовать рабочему напряжению измеряемого электролитического конденсатора, а сопротивление *R* в 10 раз превышать реактивное сопротивление электролитического конденсатора:

$$R \geqslant \frac{31\,000}{C_э,\ мкф}\ [ом].$$

Электролитический конденсатор соединяют с прибором через бумажный конденсатор хорошего качества, емкость которого должна быть не менее 0,1 от емкости электролитического конденсатора.

Искомая емкость электролитического конденсатора определяется по формуле

$$C_э = \frac{C_б C_{изм}}{C_б - C_{изм}},$$

где $C_{изм}$ — емкость, прочитанная на шкале прибора, *мкф*.

Ток утечки электролитического конденсатора определяется измерением падения напряжения U_R на сопротивлении R (*ком*):

$$I = \frac{U_R}{R}\ [ма].$$

Измерение индуктивностей производится при тех же положениях переключателей прибора, что и при измерении емкостей.

Как уже было указано, при питании прибора от осветительной сети частотой 50 *гц* можно измерять индуктивности от 0,1 *гн* и выше. Кроме того, коэффициент искажений формы напряжения сети не должен превышать 5%.

При необходимости измерения индуктивностей менее 0,1 *гн* надо питать измерительную мостовую схему повышенной частотой от звукового или ультразвукового (до 100 *кгц*) генератора, выход которого подключают к гнездам $Г_1$ и $Г_6$, удалив перемычку между гнездами $Г_5$ и $Г_6$. Заметим, что выходное сопротивление такого генератора должно быть малым, так как оно прибавляется к калиброванным сопротивлениям прибора. Если же генератор обладает значительным выходным сопротивлением, то после подключения выхода генератора к гнездам $Г_1$ и $Г_6$ надо по измерительному при-

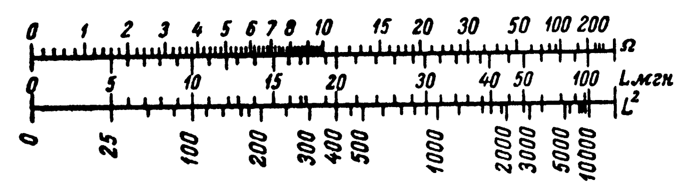


Рис. 11. Шкала измерителя индуктивности.

бору, включенному на выходе генератора, установить напряжение генератора 9 *в* и ручкой прибора «Калибровка *RLC*» совместить стрелку с отметкой ∞ на шкале омов. Устанавливать стрелку прибора на нуль следует заранее на поддиапазоне 1 *в* измерения постоянного напряжения. Измеряемую индуктивность присоединяют к гнездам $Г_1$ и $Г_2$ и регулировкой генератора устанавливают прежнее значение его выходного напряжения. После этого записывают отсчет.

Вследствие универсальности прибора его стрелочный индикатор должен иметь большое количество шкал: для отсчета постоянного напряжения при измерении ламповой схемой и тестером с делениями до 30 и 100, этими же шкалами пользуются для отсчета силы тока при измерении тестером; для измерения ламповой схемой переменного напряжения на поддиапазонах 1 и 3 *в* также с делениями до 30 и 100; для измерения переменного напряжения тестером с делениями до 30 и 100; для отсчета измеряемого сопротивления и, наконец, шкалу для отсчета измеряемой емкости. Добавлять к этому и без того значительному числу шкал еще две шкалы для отсчета измеряемой индуктивности нерационально, поэтому отсчет при измерении индуктивности проводят сначала по шкале омов. Затем найденное условное значение омов переносится на такую же шкалу омов, наклеенную на боковой стенке прибора (рис. 11), и соответствующее значение индуктивности находится на шкале L.

На этой же выносной шкале приведены значения L^2, которыми пользуются в тех случаях, когда сопротивление обмотки катушки индуктивности соизмеримо с ее реактивным сопротивлением. Для измерения таких индуктивностей вначале определяют при помощи этого же прибора сопротивление R (*ом*) катушки индуктивности постоянному току, а затем измеряют, как было описано, индуктивность этой катушки. После этого вычисляют квадрат искомого значения индуктивности:

$$L_{и}^2=\left(1+\frac{2R}{r}\right)L_0^2-\frac{R^2}{\omega^2},$$

где L_0^2 — первоначальный отсчет по шкале L^2;

r — калиброванное сопротивление прибора (100 *ом* на поддиапазоне 100 *мгн* — 1 *гн*; 1 000 *ом* на поддиапазоне 1—10 *гн* и т. д.);

$\omega^2=(2\pi f)^2$ — равно $98{,}6\cdot10^3$ при $f=50$ *гц* и т. п.

Вычисленное значение квадрата индуктивности находят на шкале L^2, а затем на шкале L прочитывают значение искомой индуктивности. При этом следует иметь в виду, что шкала L дана в миллигенри для частоты 50 *гц* и множителя поддиапазонов $\times1$. Поэтому прочитанное на шкале значение L надо умножить на множитель поддиапазона, на котором проводят измерение, учитывая, что поддиапазон 100 *мгн* — 1 *гн* имеет множитель $\times10$, поддиапазон 1—10 *гн* — множитель $\times100$ и т. д.

Заметим, что значения измеряемой индуктивности, полученные по приведенной формуле, значительно ближе к истинным, нежели прочитанные непосредственно по шкале L.

При измерениях же, отличных от частоты 50 *гц*, прочитанное значение L надо разделить на отношение $f/50$. О необходимости измерять на более высоких частотах будет свидетельствовать тот факт, что на поддиапазоне 100 *мгн* — 1 *гн* стрелка индикатора мало отклоняется от нулевого положения, т. е. значение измеряемой индуктивности менее 100 *мгн*, и надо бы перейти на измерение на следующем, седьмом, поддиапазоне. Однако работать на этом поддиапазоне нельзя.

Цена 07 коп.